Ciencia e Ingeniería
Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías.
Año 2014, Enero-Junio, Vol. (1) N° (1) ISSN 2389-9484.
Universidad de La Guajira, Facultades de Ciencias Básicas y Aplicadas e Ingeniería.
La Guajira-Colombia.
Revista en Línea http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei



REDUCCIÓN VOLUMÉTRICA DE RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS (PET, PEAD y PEBD), APLICANDO UN MÉTODO DE CONFORMADO ARTESANAL

VOLUMETRIC REDUCTION OF SOLID PLASTIC WASTE (PET, PEAD and PEBD), APPLYING A METHOD GIVES SHAPED HANDCRAFTED.

José Manuel Martínez Gil,[1] Diana Morales Soto, [2] Laura Esther Jiménez Araujo,[3] Jairo Enrique Salazar Barrios,[3]

[1] Universidad de la Guajira, Facultad de Ciencias Básicas y Aplicada, Programa de Biología, Grupo de Investigación en Catálisis y Materiales,
[2] Instituciones Educativas. Liceo los Comuneros y Gimnasio San Luis, Barranquilla Atlántico
[3] Universidad del Atlántico, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Biología
jmartinezgil@uniguagira.edu.co

Recibido: Enero 27 de 2014 Aceptado: Junio 10 de 2014

RESUMEN

Se estudió la reducción volumétrica de tres tipos de residuos sólidos plásticos (RSP), polietilentereftalato PET, polietileno de alta densidad PEAD y polietileno de baja densidad PEAB, al ser sometido a un proceso de conformado artesanal aplicando temperatura de 90 °C y una presión de 58800 Pa, se tomó un volumen 10 mL para determinar las densidades de los RSP, y volúmenes de procesamiento de muestra de 574 mL para el PET y 480 mL para los PEAD, PEBD y mezcla PET/PEBD. Los valores del porcentaje de reducción fueron 65.9 para PET, 76.1 para el PEAD. 65.8 para el PEBD y 90.7 para la mezcla PET/PEBD, que al ser extrapolados a la generación de RSP a nivel mundial se estimó un porcentaje de reducción de RSP de 49 % para el PET, 61.4 % para el PEAD y 49 % para el PEBD. Demostrando que el conformado artesanal es un método efectivo en la reducción volumétrica de residuos sólidos plásticos.

Palabras Clave: Reducción volumétrica, conformado artesanal, residuos sólidos plásticos, porcentaje de reducción, método efectivo.

ABSTRACT

There was studied the volumetric reduction of three types of solid plastic residues (RSP), polietilentereftalato PET, polyethylene of high density PEAD and polyethylene of low density PEAB, on having been submitted to a process of shaped handcrafted applying temperature of 90 °C and a pressure of 58800 Pa, I take a volume 10 mL to determine the densities of the RSP, and volumes of processing sample of 574 mL for the PET and 480 for the PEAD, PEBD and mixture PET/PEBD. The values of the percentage of reduction were 65.9 for PET, 76.1 for the PEAD. 65.8 for the PEBD and 90.7 for the mixture PET/PEBD, that on having been extrapolated to the generation of RSP worldwide I estimate a percentage of RSP's reduction of 66 % for the PET, 76.1 % for the PEAD and 65.6 % for the PEAB. Demonstrating that shaped handcrafted is an effective method in the volumetric reduction of solid plastic residues.

Keywords: volumetric reduction, shaped handcrafted, solid plastic residues, percentage of reduction, effective method.

1. INTRODUCCIÓN.

Aproximadamente se producen 75 millones de toneladas de residuos plásticos por año a nivel mundial (Picuno, 2000), los cuales al ser transformados, se obtiene productos de menor calidad en relación al producto original (Espinosa, 2009). El 90 % de los plásticos usados en los hogares pertenecen a las categorías PP (polipropileno), PE (polietileno), PS (poliestireno), PET (polietilentereftalato) y PVC (policloruro de vinilo) (Chang & Lin, 1997; Tanskanen, 2000;). Las diferentes prácticas y manejo de estos residuos, como la reducción en la fuente, el reciclaje, y el compostaje, se han adoptado para evitar que los desechos sean vertidos a las corrientes de ríos, arroyos, lagos, océanos, reduciendo al mismo tiempo la cantidad que llegan a los rellenos sanitarios e incineradores industriales (Everett & Modak, 1996; Abou et al 2002; Huang *et al*, 2002; Ley et al, 2002; Lin *et al*, 2006; Vaillancourt & Waaub, 2002;). Numerosos estudios han mostrado que los tratamientos regionalizados de los residuos sólidos se han convertido en proceso adecuado como modelos aplicables al manejo urbano de los residuos sólidos (Chang & Lin, 1997; Abou *et al* 2002; Everett & Modak, 1996; Huang et al, 2002; Fiorucci et al, 2003).

En este mismo sentido se han desarrollado diferentes modelos de programación para la planificación y manejo de los residuos sólidos urbanos (Huang et al, 1995; Chang & Lin, 1997; Abou et al, 2002; Huang et al, 2002; Vaillancourt & Waaub, 2002;), que buscan evitar que se constituyan en amenaza para la salud humana, el ambiente e y la biodiversidad (Medina, 1999). Las poblaciones humanas siempre han buscado mecanismos para el tratamiento de los desechos urbanos (Dupré & Remolá, 2002). Sin embargo, el gran crecimiento demográfico y la progresiva urbanización de la sociedad moderna, conlleva un incremento en la generación de residuos (Hernández, 2002; García, 2006), por lo que se hace necesario buscar alternativas en cuanto a los procesos productivos, así como en el sentir y actuar de la sociedad (Velázquez, 2008). Las posibilidades de lograr que los gobierno de turno apliquen acciones adecuadas en el tratamiento de los residuos domésticos son bastante (Tortosa *et al*, 1995), hasta se ha recurrido a las tutelas ambientales (Jimenez, 2006).

En la actualidad el reciclaje y la gestión de los residuos emplea cerca de 10 millones de personas en China y 500.000 en Brasil (Worldwatch Institute, 2008). En América Latina la generación de residuos sólidos domiciliarios varía de 0,3 a 0,8 kg./hab/día (Alkalay & Szantó, 1997). La asociación de recicladores colombianos señala que en Colombia se generan aproximadamente 40.000 toneladas diarias de residuos sólidos (Ministerio de Medio Ambiente, 2009). De esta cantidad, entre el 42% y el 45% son materiales reciclables, y de éstos sólo se recupera aproximadamente el 5% (Acurio & Rossin, 1997). Los materiales con potencial aprovechamiento provienen del sector doméstico (73%), sector comercial (13%), institucional (7%), industrial (4%), construcción (2%) y otros (1%) (Angarita, 2009). El objetivo de la gestión integral de los residuos sólidos per cápita RSP se concentra en la conservación de recursos naturales, ahorro de energía, y la disminución de los RSP mediante la reducción, la reutilización y el reciclaje (Hegberg et al, 1992; Heinen & Low, 1992; Pozo & Pérez, 1994; Kiely, 1999; Calleja *et al*, 1999; Buenrostro-Delgado, 2001; Ortiz, 2005). Sin embargo la normatividad concerniente al control de calidad de los residuo generados en estos procesos, no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó (Pozo *et al*, 1994; Ortiz, 2005).

A pesar que la ingeniería ambiental, define los RSP como cualquier material con potencial de utilizarse como materia prima en uno o más procesos productivos subsiguientes (Herberg et al, 1992; Buenrostro-Delgado, 2001). Por lo tanto el manejo de los RSP requiere de tecnología para su síntesis, reciclaje y disposición final (Kiely, 1999). La gestión de los residuos supone entonces, la elaboración de estrategias de prevención, reducción de la cantidad y la peligrosidad de los residuos (Calleja, 1999), en la cual cada actor social (productor, consumidor o administrador público) debe asumir la responsabilidad que le corresponde para promover el desarrollo social, tecnológico y económico y preservación del ambiente (Heinen & Low, 1992; Caladat *et al*, 2005).

Unas de las alternativas que ha tomado fuerza en los últimos años en el tratamiento y residuos sólidos plásticos es el conformado, inicialmente esta técnica se aplicaba a materiales metálicos, cerámicos y poliméricos con el fin de darle la forma final y acabado, la naturaleza de este proceso es cíclica, entre las operaciones de conformado conocido se encuentran la extrusión, moldeo por soplado, moldeo por inyección, el moldeo por compresión, el moldeo por transferencia y el calandrado entre otras. En este trabajo se aplicó un proceso de moldeo por compresión, por el cual los residuos sólidos plásticos PET, PEAD y PEBD se forzaron a adoptar una forma concreta y reducir su volumen a una temperatura por debajo de su punto de fusión, con el fin de evitar la generación de sustancia volátiles nocivas para el medio ambiente y la salud humana.

Como el conformado aplicado en este trabajo no conto con máquinas y herramientas usadas comúnmente en estos procesos, se le denomino método de conformado artesanal. Este método de conformado fue aplicado a los residuos sólidos plásticos generados en las Instituciones Educativas Liceo los Comuneros y Gimnasio San Luis de la ciudad de Barranquilla (Atlántico). Los materiales resultantes presentaron formas específicas que les permiten ser utilizados como productos para la industria, artesanales, didácticos y lúdicos.

2. METODOLOGÍA.

2.1 Determinación de las propiedades de los residuos sólidos plásticos.

Los residuos sólidos plásticos (RPS) empleados fueron polietileno de alta densidad (PEAD), el polietileno de baja densidad (PEBD) y polietilentereftalato (PET) generados en las Instituciones educativas Liceo los Comuneros (LC) y Gimnasio San Luis (GSL) de la ciudad de Barranquilla. Una vez recolectados y clasificados estos residuos se les determinó la masa y el volumen generados semanal y mensualmente. A los RPS se le determino su densidad en virtud de la relación de su masa por unidad de volumen, se le aumento el área superficial mediante un proceso de picado, con el fin de facilitar el proceso de prensado. El conformado artesanal consiste en calentar lentamente la masa de residuos sólidos plásticos a una temperatura de 90 °C (temperatura menor al punto de fusión de estos residuos plásticos. tabla 1) por una hora, el material se calienta en moldes de acero (la tapa y el fondo de este molde son móviles), con 5 cm de alto, 5 cm de ancho y 5 cm de largo, hasta obtener un material flexible y maleable. Al molde previamente se le aplico aceite de vegetal con el fin de evitar que el sólido confinado se adhiera, al material flexible dentro del molde, se aplicó una presión aproximada 58800 pascales utilizando una prensa artesanal. Además se emplearon moldes de diferentes formas (cubos, mariposas, ángeles, fichas de dominoes, entre otros). Lo que permitió obtener diversos artículos con aplicaciones artesanales, didácticas y lúdicas

Tabla 1. Propiedades de los RSP generados

RSP	Densidad	Punto de fusión	Masa	Volumen
PET	1.455 g/mL	269 °C	14.55 g	10 mL
PEAD	0.952 g/mL	135 °C	9.52 g	10 mL
PEBD	0.92 g/mL	110 °C	9.2 g	10 mL
PET/PEBD	1.2 g/mL	No determinado	12 g	10 mL

2.2. Desarrollo experimental

De los ensayos previos realizados a los materiales PEAD, PEBD y PET se obtuvieron materiales con características satisfactorias en cuanto a su compactación y fragilidad, pero el

material obtenido del proceso de calentamiento enfriamiento del PET es quebradizo por lo tanto no garantiza la durabilidad del producto, por lo que se optó por preparar una mezclas de residuos PET/PEBD en diferentes proporciones: 1/1; 1/2 y 1/3 en peso.

Se tomó la relación 1/1 produjo un material con propiedades satisfactorias. La tabla 2 muestra la relación a la que se obtuvieron los materiales conformados. A los residuos sólidos plásticos se le determino la masa utilizando una Balanza Analítica LAB-KITS Modelo W132204B con un rango de pesaje de 0 – 200 g), el volumen se les determino empleando una probeta graduada de 500 mL de vidrio borosilicato 3.3, de alta resistencia al calor y a sustancias. Clase “A”. Marca ISOLAB.) y la densidad se obtuvo de la relación entre la masa y el volumen, el volumen tomado para determinar la densidad de los residuos a conformar fue de 10 mL, los puntos de fusión de los residuos sólidos plásticos se obtuvieron aplicando el procedimiento del tubo capilar.

A los materiales obtenidos se les determinaron la masa y el volumen con el fin de comparar con los valores de los residuos sólidos plásticos. Se realizaron cuatro ensayos de acuerdo a la tabla 1, aplicando la nomenclatura establecida según la Sociedad de Industria Plástica (USA) para el procesamiento de los sólidos (1 = PET, 2 = PEAD, 4 = PEBD) (Allsopp et al, 1999), el volumen de las muestras de residuos sólidos fueron 574 mL para el PET, 480 mL para el PEAD, el PEBD y la mezcla PET/PEBD (229 mL PET, 229 mL PEBD)

Tabla 2. Desarrollo experimental para la obtención de materiales conformados.

		TIPOS DE PLASTICOS		
		1	**2**	**4**
ENSAYOS	**I**	**100%**	**0%**	**0%**
	II	**0%**	**100%**	**0%**
	III	**0%**	**0%**	**100%**
	IV	**50%**	**0%**	**50%**

2.3 Conformado artesanal.

El montaje se armó de la siguiente manera: el molde de acero (cuya tapa es móvil, con el fin de permitir su desplazamiento en el tiempo y de fondo es móvil con el fin de facilitar el desmoldamiento) lleno con el residuo sólido plástico se introduce en un baño de arena, el nuevo sistema formado por el molde lleno y el baño de arena se coloca sobre una lámina de acero de 1 cm de espesor, la cual esta soportada por dos trípodes metálicos, al sistema resultante se calienta lentamente por los mechero instalados por debajo de los trípodes.

Con la ayuda de un termómetro se verificó la temperatura del baño de arena y cuando este alcanzó la temperatura de 90 °C, inmediatamente se conectó a la parte superior del molde contenedor de los materiales plásticos una prensa artesanal y se ejerció presión por una hora manteniendo la temperatura constante. La prensa se construyó colocando 3 discos de 5 kg de masa en forma equilibrada dentro de un contenedor metálico que se articulaba con facilidad al molde que contiene los residuos sólidos plásticos. La figura 1, muestra el esquema del proceso empleado para reducir volumétricamente los residuos sólidos plásticos.

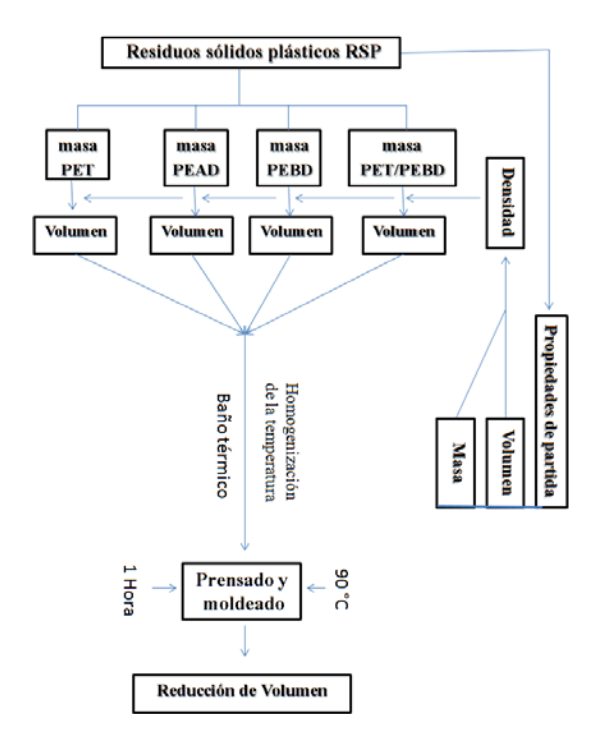


Figura 1. esquema proceso de conformado artesanal

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

3.1 Propiedades de los residuos sólidos plásticos.

La tabla 1, muestra los valores de la masa, la densidad y el punto de fusión obtenidos para cada tipo de residuos sólidos plásticos para un volumen de 10 mL.

En cuanto al proceso de calentamiento a temperatura de 90°C es adecuado en cuanto que los residuos sólidos plásticos adquieren la flexibilidad, la plasticidad y adherencia que le permiten ser mezclados, moldeados y compactados, reduciendo o anulando las emanaciones de contaminante como NO_X, SO_X y CO_X producidos por incineración de estos residuos urbanos (Groom *et al*, 1995; Selke & Wichman, 2004), lo que convierte el método de conformado artesanal en un método alternativo bastante prometedor en el manejo y reducción de los RSP. Ahora, si se aumenta la presión, se podría bajar considerablemente la temperatura de conformación, evitando de esta manera las emisiones de plastificante y algunos pirroretardantes que se pueden liberar al calentar los materiales plásticos debido a que sus puntos de fusión es menor de 18 °C, aunque no se tiene la certeza de que estas misiones ocurran en realidad a esta temperatura. Bueno si esto fuera posible, ocurriría si el material plástico no fuese homogéneo en términos de composición y estructura, sin embargo los materiales plásticos pueden generar emisiones toxicas al degradarse lentamente y al ser incinerados además pueden generar cenizas contaminantes (Curlee & Das, 1991). por tal razón el tiempo y la temperatura de procesado juegan un papel importante en la eficacia de esta técnica, debido a que si exponemos los residuos sólidos a temperaturas mayores o menores de 90 °C no se lograría alcanzar la plasticidad necesaria que permita reducir volumétricamente al material platico sin emanaciones de compuestos contaminantes, si el tiempo de procesamiento es mayor a una hora posiblemente se liberaría sustancia contaminantes al medio, y si el tiempo de procesamiento es menor a una hora no se alcanzarían los porcentajes de reducción volumétricas obtenidos en este trabajo.

En teoría, bajo estos argumentos, se puede considerar que el método de conformado artesanal propuesto en este trabajo disminuye la contaminación del medio y se reducen los efectos de

estos contaminantes en la salud humana debido a que no se liberaría productos consecuencia de la transformación de resina y plastificadores a base de policarbonatos presentes en estos materiales plástico (Groom *et al* 1995), y se disminuiría las emisiones de pirorretardantes bromados los cuales se han convertido en contaminantes tan extendidos que se han detectado incluso en mamíferos marinos de áreas remotas; así como de forma más general, en la sangre y la leche materna de los seres humanos (Reinink, 1993). Se ha demostrado que los pirorretardantes presentes en los PEBD tienen efectos similares a los de los PCB (Bifenilos policloratos), al afectar el desarrollo neurológico en el feto (Zaror, 2002). Además al procesar residuo sólido plástico (PEAD y PEBD) por conformado artesanal no se emiten compuestos órganoclorados proveniente de la descomposición del polietileno (PE), ya que estos se producen cuando el polietileno se degrada a temperatura mayor a los 200 °C (Lithner *et al*, 2011). Haciéndose notorio el efecto positivo de su implementación.

3,2. Reducción volumétrica de los RSP al ser conformados.

En la tabla 3 se presentan los valores del volumen de cada muestra de residuo antes y de después de ser sometido al proceso de conformado artesanal.

Al analizar los valores obtenidos en cuanto al volumen inicial y el final de los materiales, podemos establecer una relación entre el volumen de material de partida en virtud a cantidad de material reducido. Esta relación se expresar con la siguiente fórmula $\%R_{RSP} = \frac{V_{iRSP} - V_{MC}}{V_{tMP}}\, 100$ la cual permite obtener porcentajes de material reducido. Donde $\%R_{RSP}$ es el porcentaje de reducción del residuo sólido plástico; V_{iRSP} es el volumen inicial de residuos sólidos iniciales; V_{MC} es el volumen del material conformado sólidos y V_{tMP} es el volumen total de material procesado. Aplicando esta fórmula los datos de la tabla 3 obtenemos los datos mostrados en la tabla 4.

Tabla 3. Volúmenes iniciales y finales en el proceso de conformación.

RSP	Masa	Volumen inicial	Volumen final
PET	835.17 g	574 mL	118 mL
PEAD	436.02 g	458 mL	62.3 mL
PEBD	421.4 g	458 mL	94.54 mL
PET/PEBD	333.2/210.7 g	458 mL	22.46 mL

Tabla 4. Porcentajes de reducción de RSP al ser conformados.

Material	$\% R_{RSP}$
PET	65.9
PEAD	76.1
PEBD	65.8
PET/PEBD	90.7

Estos resultado son bastante significativo a esta escala, pero si aplicamos este porcentaje de reducción, a los datos arrojados a nivel mundial en cuanto a la generación anual de PET, PEAD y PEBD, mostrados en la figura 2, los cuales fueron tomados de “generación de RSP a nivel mundial (Direccion General de Estudios Energetico, 2008), y suponiendo que se les aplicará la misma presión a las toneladas de residuos sólidos plásticos generados, los resultados en cuanto la reducción volumétrica serían aún más significativos, tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Reducción de RSP en millones de toneladas anuales a nivel mundial.

Material	Toneladas iniciales	Volumen Inicial en mL	Volumen final en mL	% de Reducción volumétrica Mundial	Toneladas finales
PET	4.7	323024055	110151203	49	1.6
PEAD	18	1890756303	451890756	61.4	4.3
PEBD	9	6436956522	3345652174	49	3.08

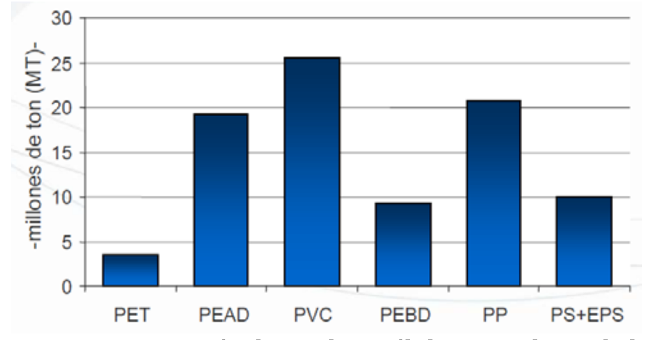


Figura 2 Generación de residuos sólidos a nivel mundial

Al comparar los volúmenes de antes y después del proceso de conformado (figura 3), es claro entonces que la aplicación de un proceso de reducción volumétrica como el que se propone generaría una disminución del 49 % de PET, 61.4 % de PEAD y 49 % de PEBD a nivel mundial, y los materiales obtenidos por esta reducción pueden ser reutilizados, por ejemplo como bloque de construcción, paredes prefabricadas, agregados para concretos, materiales artesanales y/o didácticos entre otras posibles aplicaciones.

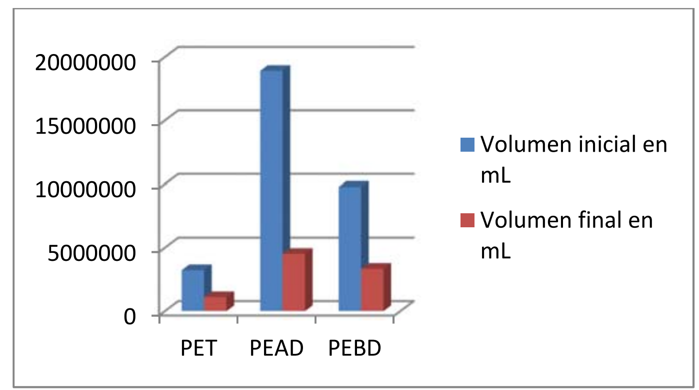


Figura 3. Comparación de volúmenes antes y después del proceso de conformado.

En cuanto a la contaminación generada al aplicar el método de conformado artesanal teniendo en cuenta que la incineración es el proceso más utilizado por los países desarrollados (Van Caneghem, 2010) como estrategia para generar energía eléctrica a partir de la transformación de residuos sólidos plásticos y que en estos procesos son fuentes de compuestos policlorados como dibenzo-p-dioxinas-furanos (PCDD /Fs), así como bifenilos policlorados (PCB) (Sakai *et al*, 2001; Abad *et al*, 2000). De hecho, también se forman contaminantes orgánico persistentes (COPs) (Abad et al, 2002; Ishikawa, 2007). Se puede afirmar que el método de reducción volumétrica de residuos sólidos plásticos que se propone muestra ser efectivo como proceso de mitigación de la generación de residuos sólidos plásticos y disminución de los efectos ambientales. Sin embargo, este proceso es bastante difícil, puesto que se debe dar una especial atención a la formación ciudadana, por lo que se hace necesario que la educación ayude a la regionalización de este proceso, para lograr formar para la sostenibilidad (Ortiz, 2005). La

disminución de la cantidad de residuos sólidos plásticos generados a nivel local y global contribuiría a la disminución en el efecto invernadero que genera el cambio climático, evitaría el agotamiento y destrucción de recursos y ecosistemas (Lynas, 2004).

4. CONCLUSIONES.

En términos generales se puede considerar que con la implementación del método de conformado artesanal se disminuirá la contaminación del medio ambiente y se reducirán los efectos de la contaminación en la salud humana debido a que no se liberan productos proveniente de la transformación de resina y plastificadores a base de policarbonatos presentes en materiales plástico PET, PEAD y PEBD y disminuye las emisiones de pirorretardantes bromados.

La temperatura aplicada al procesamiento de conformado de los residuos sólidos plástico permite que estos adquieran la flexibilidad, la plasticidad y adherencia adecuada para su mezclado, moldeado y compactación.

El tratamiento térmico aplicado en el proceso de conformado artesanal de los residuos sólidos plásticos reduce o anula las emanaciones de contaminante como NO_X, SO_X y CO_X producidos por incineración de estos residuos urbanos, lo que convierte a esta técnica en un método alternativo bastante prometedor en el manejo y reducción de este tipo de residuos.

Al procesar residuo sólido plástico (PEAD y PEBD) por el método de conformado artesanal no se emiten compuestos órganoclorados, ya que estos se producen cuando el polietileno (PE) se degrada a temperatura mayor a los 200 °C.

Con la implementación del método de conformado artesanal se alcanzaría una reducción volumétrica del 49 % de PET, 61.4 % de PEAD y 49 % de PEBD a nivel mundial, y se evitaría la formación de compuestos policlorados como dibenzo-p-dioxinas-furanos (PCDD /Fs), así como bifenilos policlorados (PCB) y contaminantes orgánico persistentes (COPs).

Los materiales obtenidos por el método de conformado artesanal se pueden reutilizar como bloques de construcción, paredes prefabricadas, agregados para concretos, materiales artesanales, materiales didácticos y materiales lúdicos entre otras posibles aplicaciones.

La articulación de Instituciones Educativas de formación superior y formación básica a través de trabajos de investigación constituye una excelente estrategia de regionalización de procesos a través de la Educación Ambiental, que permite a los estudiantes comprender la importancia que tiene su participación como actores ambientales.

5. SUGERENCIAS.

Se espera que en trabajos futuros se aumente la presión en el proceso de conformado artesanal, con el fin bajar la temperatura y de esta manera disminuir las posibilidades de emisión de contaminantes al medio ambiente

Se hace necesaria la puesta en marcha de estrategias educativas que permitan una adecuada y oportuna formación ciudadana que en última se constituye en el factor determinante en la disminución de la cantidad de residuos sólidos plásticos generados a nivel local y global.

6. AGRADECIMIENTOS.

Los autores extienden sinceros agradecimientos a los estudiantes de grado noveno de las Instituciones Educativas Gimnasio San Luis y Liceo los Comuneros de la Ciudad de Barranquilla, así como la participación de las jóvenes Rita Laudith Bruges Gonzalez y Kenia Adolfina Chima Martínez estudiantes de la Universidad de la Guajira.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

Abad, E., Adrados, A., Caixach, J., Fabrellas, B., Rivera, J., 2000. Dioxin mass balance in a municipal waste incinerator. Chemosphere 40, 1143–1147.

Abad, E., Adrados, A., Caixach, J., Rivera, J., 2002. Dioxin abatement strategies and mass balance at a municipal waste management plant. Environ. Sci. Technol. 36, 92–99.

Abou, N.M.; El-Fadel, M.; Ayoub, G.; El-Taha, M.; Al-Awar, F. An Optimization Model for Regional Integrated Solid Waste Management I: Model Formulation; Waste Manage. Res. 2002, 20, 37-45.

Acurio, G.; Rossin, A.; Teixeira, P.F.; Zepeda, F. 1997. Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. BID; OPS/OMS, Washington, DC, USA. OPS/OMS. Análisis sectorial de residuos sólidos en 25Banco Interamericano de Desarrollo BID.1998.

Alkalay, D.; Szantó, M. Estudio de caso sobre la problemática nacional enfrentada para avanzar en la utilización energética de los residuos municipales en Chile. Santiago, 1997.

Allsopp, M., Santillo, D., Johnston, P. y Stringer. 1999: The Tip of the Iceberg?: State of Knowledge on Persistent Organic Pollutants in Europe and the Arctic (¿La punta de iceberg? Conocimientos sobre los contaminantes orgánicos persistentes en Europa y el Ártico). Ed. Greenpeace International, agosto de 1999. ISBN: 90-73361-53-2. 76.

Angarita, D. Programa Internacional para la separación y valorización de residuos sólidos aprovechables en la ciudad de Tunja, II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos Barranquilla, 24 y 25 de septiembre de 2009.

Buenrostro-Delgado O. Los residuos sólidos municipales: perspectivas desde la investigación multidisciplinaria. Ed. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 1ª. ed. Morelia, Mich. México. 2001. 17-22; 25, 40

Caladat, A.M., Kuklenyik, Z., Reidy, J.A., Caudill, S.P., Ekong, J. &Needham, L.L. 2005 “Urinary Concentrations of Bisphenol A and 4- Nonylphenol in a Human Reference Population”Environmental Health Perspectives 113: 391-395. In formation toad el 1/312008 dehttp://www.ehponline.org/members/2004/7534/7534.html

Calleja, G., García, F., de Lucas, A., Prats, D. y J.M. Rodríguez. Introducción a la ingeniería química. Editorial Síntesis. Madrid, España. 1999. 523.

Chang, N.B.; Lin, Y.T. Economic Evaluation of a Regionalization Program for Solid Waste Management in a Metropolitan Region; J. Environ.Manage. 1997, 51, 241-274.

Curlee, T.R., Das, S., 1991. Plastic Wastes (Management Control Recycling and Disposal). Noyes Data Corporation, NJ.

Dirección General de Información y Estudios Energéticos. Anuario estadístico de la industria petroquímica 2007. Estados Unidos Mexicanos. Gobierno Federal. SENER. 2008.

Dupré, R.X.; y Remolà, V. J.A. A propósito de la gestión de los residuos urbanos en “Hispania”; Rómula, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla. 2002. 1, 39-56

Espinoza, E.A. Modelo de Gestión de Residuos Plásticos; II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Barranquilla, 24 y 25 de septiembre de 2009

Everett, J.W.; Modak, A.R. Optimal Regional Scheduling of Solid Waste Systems I: Model Development; J. Environ. Eng. 1996, 122, 785-792.

Fiorucci, P.; Minciardi, R.; Robba, M.; Sacile, R. Solid Waste. Management in Urban Areas Development and Application of a Decision Support System; Resour.Conserv.Recyc.2003, 37, 301-328.

García, E. Consumo y medio ambiente en el País Valenciano 1980-2000, en: Papers: Revista de Sociología. Universit atutònoma de Barcelona, Barcelona. 2006. 82, 97-120

Groom, L.H., Shaler S.M., Mott M. The mechanical properties of individual lignocellulosic fibres. In: Proceedings of the third woodfiber–plastic composites conference. Madison, USA, May, 1995. pp. 33–40.

Hagberg, B.A., Brenneman, G.R., and Hallenbeck, W.H. Mixed plastics recycling technology. Noyes/William Andrew Publishing. New Jersey, USA: 1992.207.

Heinen, J.T. and Low, B.S. Human behavior ecology and environmental conservation. In Penn, D. and I. Mysterud (eds). Evolutionary perspectives on environmental problems: A reader. Rutgers Univ. Press. (reprinted from Environmental conservation). 1992.19: 105-116.

Hernández, M.G.M. La modernitat globalitzada: anàlisi de l'entorn social, Tirant lo Blanch, Valencia, 2002. QUADERNS DEL CAC 31-32, juliol 2008 – juny 2009 ISSN: 1138-9761 / www.cac.cat.

Huang, Y.F.; Baetz, B.W.; Huang, G.H.; Liu, L. Violation Analysis for Solid Waste Management Systems: an Interval Fuzzy Programming Approach; J. Environ. Manage. 2002, 65, 431-446.

Ishikawa, Y., Noma, Y., Mori, Y., Sakai, S., 2007. Congener profiles of PCB and a proposed new set of indicator congeners. Chemosphere 67, 1838–1851. 47- 59

Jiménez, C. La gestión de residuos en los municipios. Iustal, Madrid, texto Colectivo ConSuma Responsabilidad 1ª edición: 1000 ejemplares Noviembre de 2006.ISBN 10 84-96453-16-2, ISBN 13 978-84-96453-16-2

Kiely G. Ingeniería Ambiental. Ed. McGraw-Hill. Madrid, España. 1999.14:843-858.

Ley, E.; Macauley, M.K.; Salant, S.W. Spatially and Intertemporally Efficient Waste Management: the Costs of Interstate Trade Restrictions; J. Environ. Econ. Manage. 2002, 43, 188-218.

Lin, M.; Wang, C.; Lin, C. Evaluation of Solid Waste Management Strategies in the Taipei Metropolitan Area of Taiwan; J. Air Waste Manage. Assoc. 2006, 56, 650-656.

Lithner, D., Larsson, A., Dave, G. 2011. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. Science of the Total Environment 409 (2011) 3309–3324.

Lynas, M. Marea alta. Noticia de un mundo que se calienta y cómo nos afectan los cambios climáticos. Barcelona: RBA Libros S. A. 2004. En línea. 15 marzo de 2011 :

Medina, C. I. "Manejo de Residuos Sólidos". En: Revista de la Facultad de Ingeniería. (Noviembre, 1999). 135-144.

Ministerio de Medio Ambiente. Guía Ambiental para la selección de tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos. Bogotá, Colombia. Tomado de: corpocaldas.gov.co. Recuperado el 25 de mayo de 2009 en:http://www.corpocaldas.gov.co/admin/files/Ane-Noticia_105200485448.pdf2002.

Ortiz Ocaña, A. L. Modelos pedagógicos: Hacia una escuela del desarrollo integral. Editorial CEPEDID. Colombia. 2005

Picuno, P., Sica, C. Mechanical and spectroradiometrical characteristics of agriculture recycled plastic films, CIGR J. Sci. Res. Dev. 6 (2000) 10 (manuscript no. BC04 001).

Pozo, J.I.; Pérez, M.; Domínguez, J.; Gómez, M.A.; Postigo, Y. La Solución de problema en ciencias. Madrid: Santillana/ Aula XXI 1994.

Reinink, A. Plastics, rubber and composites. Processing and applications. USA. 20: 259-263. 1993

Sakai, S., Hayakawa, K., Takatsuki, H., Kawakami, I., 2001. Dioxin-like PCBs released
from waste incineration and their deposition flux. Environ. Sci. Technol. 35, 3601–3607.

Selke SE y Wichman I. Wood fiber/polyolefin composites. Composites: Part A 2004;35:321–6.

Tanskanen, J.-H. Strategic Planning of Municipal Solid Waste Management; Resour.Conserv.Recyc.2000, 30, 111-133.

Tortosa, P.; Miralles, B.; Lostado, R. Glossari de termes ambientals: residus, gestió dels residus, reciclati residus sòlids urbans. Fundació Bancaixa, Valencia, 1995.

Vaillancourt, K.; Waaub, J.-P. Environmental Site Evaluation of Waste Management Facilities Embedded into EUGE‘NE Model: a Multicriteria Approach; Eur. J. Op. Res. 2002, 139, 436-448.

Van Caneghem a, J., Block a, C., Van Brecht, A., Wauters, G., Vandecasteele, C. 2010. Mass balance for POPs in hazardous and municipal solid waste incinerators. Chemosphere 78 (2010) 701–708

Velázquez, P.A.C. La gestión de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Hannover: un modelo exitoso, en: Anales de Geografía de la Universidad Complutense, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 2008. vol. 28 – 1, 163 177.

Worldwatch Institute. Inform: Green Jobs: Towards Decent Work in a Sustainable, Low-Carbon World, 2008

Zaror C.Introducción a la Ingeniería Ambiental para la industria de procesos. 2002

Universidad de Concepción Chile., 2ª Edición, 328-333